Bijdragen tot de Dierkunde, 54 (1): 83-100 — 1984

LES SOURCES DU MOYEN ATLAS ET DU RIF (MAROC):

FAUNISTIQUE (DESCRIPTION DE DEUX ESPÈCES NOUVELLES DE TRICHOPTÈRES), ÉCOLOGIE, INTÉRÊT BIOGÉOGRAPHIQUE

par

JEAN GIUDICELLI

Laboratoire de Biologie Animale — Écologie, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13, France

&

MOHAMED DAKKI

Département de Zoologie et Écologie Animale, Institut Scientifique de Rabat, B.P. 703, Rabat-Agdal, Maroc

SUMMARY

Seven springs in the Middle Atlas and five in the Rif have been studied. These show a great diversity of crenal habitats: water temperature ranges from 8.7° to 21° C, and the flow from 1 l/s to 1,800 l/s. Based on hydrologic and thermic characteristics, a spring typology is provided.

The invertebrate community consists of 60 species, among which 4, found in the Rif, are new to science: *Protonemura* sp. (Plecoptera), *Obuchovia* sp. (Diptera, Simuliidae), *Rhyacophila fonticola* n. sp., and *Philopotamus ketama* n. sp. (Trichoptera). The new Trichoptera are both described. Two rare endemic species (the planarian *Acromyadenium maroccanum* and the coleopteran *Elmis atlantis*) have been found in a cold-water spring in the Middle Atlas; two black-fly species (*Cnetha carthusiensis* and *Simulium lamachei*), new to North Africa, have been collected in a cold-water spring in the Rif.

The cold-water spring community shows a high rate of endemism. Seven endemic cold-stenothermous species constitute a most characteristic crenon fauna in northern Morocco. The fauna of warmer springs (18° ≤ temp. ≤ 21 °C) contains potamophilous and thermophilous species, a few of them belonging to the Ethiopian fauna.

A comparative study of spring and rhithric communities of Morocco shows that, in the Middle Atlas and the Rif, cold-water springs became refugia for cold-stenothermous, west-palaearctic species; in the past, these species occupied a larger territory which has been reduced after recent climatic and hydrologic changes.

RÉSUMÉ

Sept sources du Moyen Atlas et cinq sources du Rif font l'objet de cette étude. Cet échantillon de stations réunit une grande variété de biotopes du crénal: ainsi la gamme des températures des eaux est comprise entre 8,7° C et 21° C, les débits s'échelonnent entre 1 l/s et 1.800 l/s. Les caractéristiques hydrologiques et thermiques fournissent les éléments d'une typologie des sources de cette région.

Le peuplement d'Invertébrés comprend 60 espèces. Quatre espèces sont nouvelles pour la science: *Protonemura* sp. (Plecoptera), *Obuchovia* sp. (Diptera, Simuliidae), *Rhyacophila fonticola* n. sp. et *Philopotamus ketama* n. sp. (Trichoptera); elles ont été trouvées dans les sources du Rif. Les deux espèces nouvelles de Trichoptères sont décrites ici. Deux espèces endémiques rares (la Planaire *Acromyadenium maroccanum* et le Coléoptère *Elmis atlantis*) ont été trouvées dans une source froide du Moyen Atlas; deux Simulies (*Cnetha carthusiensis* et *Simulium lamachei*), nouvelles pour l'Afrique du Nord, ont été trouvées dans une source froide du Rif.

Le peuplement des sources froides est remarquable par son important endémisme; dans cet habitat, sept espèces endémiques et sténothermes représentent l'élément le plus original et le plus caractéristique du crénon du Maroc. Les sources les plus chaudes (18°C ≤ temp. ≤ 21°C) hébergent des espèces potamophiles et thermophiles et certaines espèces à affinités éthiopiennes.

La comparaison entre le peuplement des sources et le peuplement du rhithral montre que, dans le Moyen Atlas et le Rif, le crénal froid constitue un habitat refuge pour des espèces sténothermes ouest-paléarctiques dont l'aire de répartition au Maroc s'est considérablement réduite à la suite de changements climatiques et hydrologiques récents. Ainsi, des espèces qui ont disparu des cours d'eau du Maroc septentrional se trouvent actuellement en position relictuelle dans les sources de cette région.

1. INTRODUCTION

Le biotope des sources, ou crénal, présente deux particularités remarquables:

— des conditions thermiques et chimiques stables, avec des variations journalières et annuelles très faibles,
— un débit assez constant et peu dépendant à brève échéance du volume des précipitations du fait de l'origine souterraine des eaux.

En Afrique du Nord cette constance de l'environnement aquatique des sources s'oppose aux fortes fluctuations hydrologiques et thermiques qui affectent les autres biotopes limniques par suite du contraste considérable entre la saison humide et la saison sèche. Ainsi, en été, la température des cours d'eau dépasse généralement 25°C, même dans les grands massifs montagneux; en même temps, les écoulements diminuent fortement, amenant souvent l'assèchement temporaire des cours d'eau.

Le crénal au Maroc, comme dans l'ensemble de la zone méditerranéenne, constitue un habitat refuge pour des espèces sténoèces et sténothermes et aussi pour des espèces à aire relictuelle.

Au cours de recherches hydrobiologiques que nous avons réalisées dans le Moyen Atlas et dans le Rif, nous avons accordé un intérêt particulier au peuplement des sources, pensant qu'il pouvait héberger des éléments faunistiques originaux, voire inédits. Ainsi, nous y avons retrouvé certaines endémiques marocaines dont on ne connaissait la présence que dans la station du type. Nous avons découvert aussi quatre espèces d'Insectes aquatiques nouvelles pour la science; nous donnons ici la description originale de deux d'entre elles.

Pour cette étude nous avons retenu douze sources parmi celles que nous avons échantillonnées; elles nous paraissent bien refléter la diversité des habitats du crénal dans ces deux massifs du Maroc septentrional et central.

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET DESCRIPTIONS DES STATIONS (carte fig. 1)

Avant de présenter l'inventaire descriptif des sources étudiées, il importe de préciser les termes locaux employés pour désigner une source:

Aïn: terme arabe, le plus employé.
Onsar ou onçar: terme très courant dans tout le Rif.
Arhbalou: terme berbère utilisé dans les Atlas.
Tarhbalout: terme berbère désignant souvent les petites sources.

Dans le Moyen Atlas les sources ont été prospectées à l'occasion d'un programme de recherces hydrobiologiques sur le bassin du haut Sebou qui a débuté en 1977. Nous avons retenu pour la présente étude 7 stations couvrant la diversité des biotopes du crénal de cette région.

MA 1 - Arhbalou Arbi (alt. 2040 m). Il s'agit d'un complexe de 3 sources situé sur le causse calcaire du Moyen Atlas au nord de l'aguelman de Sidi Ali. Les eaux coulent sur un fond de cailloux et de sable grossier; après leur confluence elles s'étalent en formant un secteur marécageux profond de 10 à 30 cm et large de 3 à 6 m où se développe une végétation dense de *Potamogeton* et de *Juncus*. En aval du marais l'écoulement se retrécit pour constituer un ruisseau, l'oued Arbi, affluent de rive droite de l'oued Guigou.

MA 2 - Arhbalou Aberchane (alt. 1910 m). Du fait de son débit important elle constitue la source principale du Guigou. Elle est située à 800 m en amont de Foum Khnag et à environ 15 km au sud de Timahdite. C'est une grosse résurgence; l'eau jaillit sous une barre de basalte à 4 m du lit du Guigou dans lequel elle se déverse en tombant sur des gros blocs couverts de mousses.

L'eau est froide (9 à 10°C en été) alors que dans le Guigou, juste avant la confluence de la source, la température atteint 25°C en août.

MA 3 - Aïn Tit Zill (alt. 1550 m). Cette résurgence se situe à 8 km d'Almis du Guigou et à environ 100 m de la rive gauche du Guigou; une dénivellation de 6 m sépare l'émergence de la confluence.

L'eau de la source est d'abord collectée dans un grand bassin bétonné d'où partent deux exutoires. Le premier conduit l'eau dans un canal destiné à alimenter l'agglomération d'Aït Hamza et à l'irrigation. L'autre forme un marais (50 sur 30 m) d'où l'eau s'écoule dans un chenal (6 à 10 m de large, 150 m de long) naturel qui se jette dans le Guigou. Le substrat de la source et du chenal est formé de cailloux ronds, de gravier et de sable; il est couvert à 70% de phanérogames aquatiques.

MA 4 - Aïn Timedrine (alt. 700 m). Elle est située à environ 50 m de la rive droite de l'oued Sebou, à environ 6 km de la confluence Mdez-Zloul et à 2 km en aval de Aïn Sebou. Au début l'écoulement est rapide sur un substrat de cailloux, puis il se ralentit vers l'aval où le fond devient meuble avec développement de macrophytes aquatiques.

MA 5 - Aïn Tadout (alt. 1300 m). C'est la plus grande source de la région de Skoura. Elle surgit sur la partie est du djebel Tichoukt, à 2 km au sud de Skoura. Elle est formée d'une source principale aménagée en abreuvoir, puis

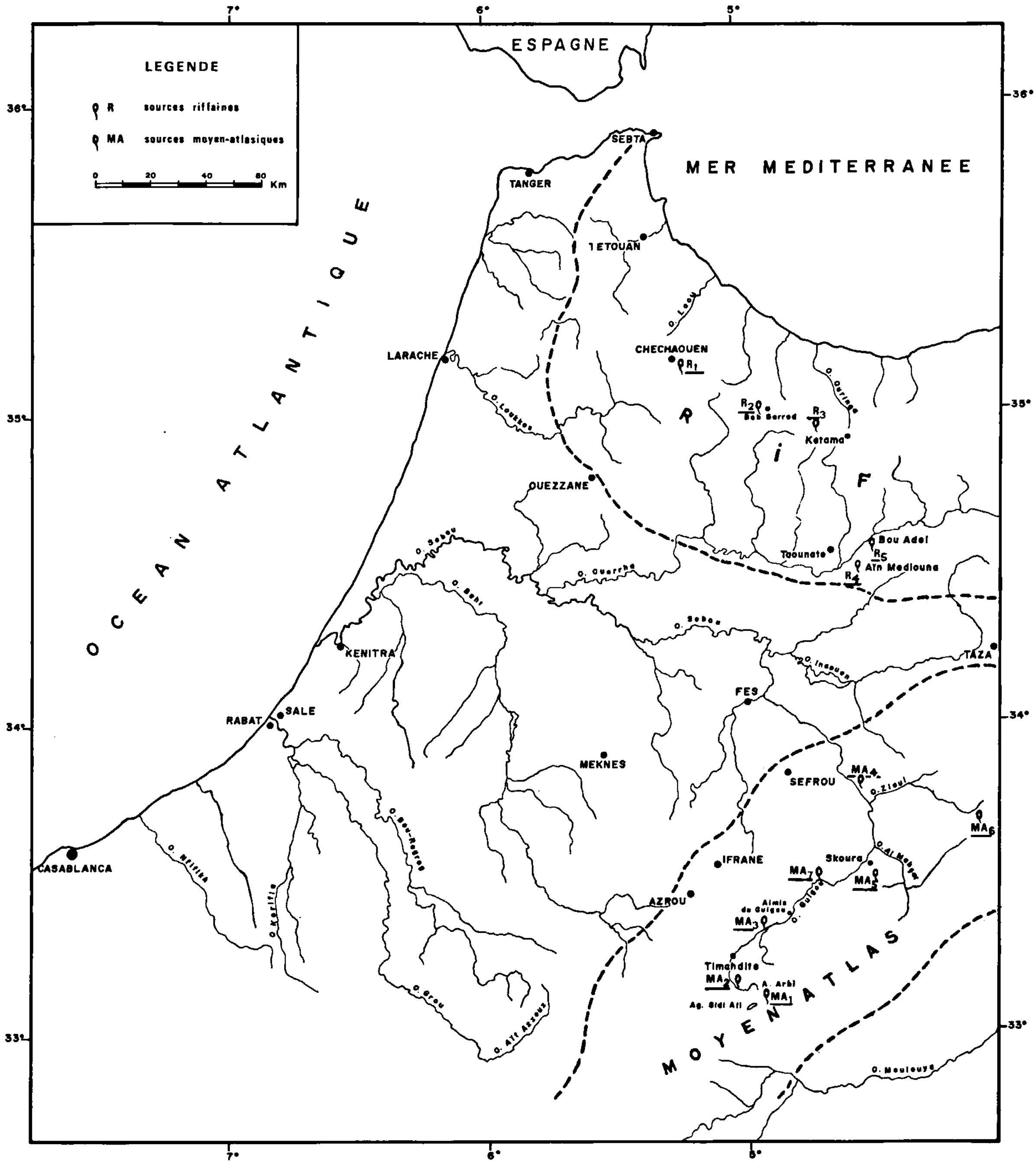


Fig. 1. Carte, emplacement des stations.

presque entièrement canalisée pour l'irrigation, et d'une source secondaire restée naturelle. Nos prélèvements ont été effectués dans la deuxième source. Celle-ci débite environ 200 l/s avec un courant très fort qui se réduit progressivement vers l'aval. Le substrat, constitué à la source même de blocs couverts de Bryophytes, devient caillouteux en aval avec installation d'une végétation herbacée remplaçant les Bryophytes.

MA 6 - Amane Imelallen (alt. 2150 m). Cette petite source (débit d'environ 5 l/s) jaillit sur le flanc nord-ouest du massif du Bou Iblane (bassin de l'oued Zloul) à l'est du

refuge de Taffert. L'émissaire de la source est un torrent à forte pente, à substrat de cailloux couverts d'un épais périphyton.

MA 7 - Aïn Skhounate (alt. 1420 m). Cette grande source surgit en plein milieu du lit de l'oued Guigou, près de la localité d'Aït el Begal, à la limite entre le Moyen Atlas plissé et le Moyen Atlas tabulaire. Le ruisseau issu de cette source présente d'abord, sur 1 km environ, un lit étroit (3 à 4 m) et profond (2 m), peu incliné. Il acquiert ensuite une forte pente avec un lit plus large et peu profond permettant les prélèvements de faune; le substrat est formé de cailloux et de galets.

Dans le Rif notre étude a porté sur cinq sources. Deux se situent au dessus de 1250 m d'altitude, dans l'étage humide occupé par les forêts de cèdres; ce secteur correspond au haut Rif. Les trois autres se situent dans la zone de collines du pré-Rif, entre 400 et 700 m d'altitude.

R 1 - Ras el Ma, 35°10'N 05°16'W (alt. 680 m). Située tout près de la ville de Chechaouen, cette résurgence, en partie aménagée, sert à l'alimentation de la ville. A l'émergence l'eau forme un bassin d'où elle s'écoule dans un ruisseau émissaire formé de blocs et de cailloux. Ce ruisseau est un affluent de l'oued Laou, un des grands réseaux du versant nord-riffain.

R 2 - Source et petit torrent émissaire, à l'ouest de Bab Bered, 35°00'27"N 04°56'W (alt. 1250 m). La source ne débite que quelques litres par seconde; dans le torrent dont la largeur est inférieure à 1 m, le courant est fort avec un substrat de cailloux.

R 3 - Petite source du versant nord-riffain sur la route P 39 de Ketama à Bab Bered à environ 14 km de Ketama, dans la cédraie de Jbel Bou Bessoui, 34°58'N 04°41'W (alt. 1600 m). L'eau vient au jour dans un éboulis de schistes; le ruisseau a une forte pente; sa largeur n'excède pas 50 cm; l'eau coule rapidement en une lame peu épaisse sur des cailloux anguleux où se mèlent des débris végétaux. Après un parcours d'environ 30 m, le ruisseau est aménagé en une fontaine placée au bord de la route.

R 4 - Aïn Mediouna, 34°30'30"N 04°33'W (alt. 400 m). La source est située près d'un marabout, dans le village d'Aïn Mediouna au sud-est de la petite ville de Taounate. Elle est aménagée. A l'émergence l'eau s'accumule dans un bassin cimenté de quelques mètres carrés et profond d'environ 50 cm. Elle s'écoule à faible vitesse dans un canal d'évacuation. Dans le bassin et dans le canal le fond est formé de cailloux et de galets.

R 5 - Aïn Bou Adel, 34°32'30"N 04°30'30"W (alt. 670 m). Il s'agit d'un groupe de résurgences qui alimentent l'oued Bou Adel, affluent de rive gauche de l'oued Ouerrha, à l'est de Taounate. L'eau jaillit au pied d'escarpements calcaires et s'écoule en petites cascades sur de gros blocs avant de se déverser dans l'oued.

Cet important complexe de sources rhéocrènes, du fait du débit important et de l'écoulement rapide des eaux, fournit aux paysans de l'eau potable et d'irrigation en grande quantité et aussi la force motrice qui actionne plusieurs moulins à farine et à huile.

Malgré de nombreux aménagements (canalisations bétonnées) il reste de nombreux secteurs non perturbés dans les sources et dans le ruisseau collecteur.

3. COMPOSANTES DE L'ENVIRONNEMENT ET ÉLÉMENTS DE TYPOLOGIE

Nous ne disposons pas de résultats d'analyses chimiques pour toutes les sources étudiées. Les données thermiques et hydrologiques constituent de bons critères de classement. Dans certaines stations le degré d'artificialisation devient une donnée écologique majeure, compte tenu de l'importance des sources dans la vie des populations et des aménagements qui y sont réalisés.

3.1. *Composantes physico-chimiques*

Les données dont nous disposons sont assez fragmentaires, provenant de mesures faites sur place (oxygène, pH, conductivité), d'analyses réalisées par nous-mêmes et les services de l'Hydraulique. Elles se rapportent aux stations MA 2, MA 3, MA 4, MA 7, R 1.

Les résultats figurent dans le tableau I.

A l'émergence les eaux sont assez bien oxygénées (80% en moyenne) mais la concentration saturante n'est jamais atteinte. Dans les émissaires l'écoulement souvent rapide et l'abondance des macrophytes aquatiques amènent les eaux à saturation et à sursaturation (jusqu'à 130% dans l'émissaire à MA 3).

Dans l'ensemble des sources étudiées les eaux sont très minéralisées et riches en carbonates de calcium. Les fortes concentrations en carbonates, en alcalino-terreux et en sulfates sont liées à la nature du substrat géologique. Les plus fortes concentrations sont mesurées à Aïn Skounate (MA 7); ici la richesse en chlorures résulte probablement d'une circulation des eaux au contact des argiles salifères du trias.

TABLEAU I

Caractéristiques chimiques de quelques sources (valeurs extrêmes ou moyennes).

Stations	pH	O_2 (%)	Conductivité ($\mu S/cm/cm^2$)	Ca^{++} (mg/l)	Mg^{++} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	Cl^- (mg/l)	SO_4^{--} (mg/l)
MA 2	7,5	62	400	35	20	170	15	40
	8,1	82		55	30	200	30	70
MA 3	7,2	75	530	40	15	200	45	40
	7,7	130		60	30	240	60	
MA 4	7,1	88	600	65	20	310	340	
MA 7	7,2	40	900	90	40	350	1.500	80
	7,3	80	1.190		60	370		
R 1				65	25	120	15	80

3.2. *Composantes thermiques*

Des mesures ont été réalisées dans toutes les stations; nous disposons de données sur un cycle annuel pour les sources du Moyen Atlas. Les températures s'échelonnent entre 8,7 et 21°C.

La source R 3 est la plus froide: 8,7°C en septembre; la plus chaude est Aïn Skhounate (MA 7) avec des températures comprises entre 19,6°C et 20,8°C.

Suivant le critère thermique on retiendra 3 types de sources:

(a) Sources froides.—
Dans ce groupe nous plaçons les deux sources rhéocrènes MA 2 et R 3 dont les eaux sont à des températures inférieures ou égales à 10°C (entre 9°C et 10,1°C à MA 2, d'après les mesures effectuées sur un cycle annuel).

Les quelques données que l'on possède sur les sources du Haut Atlas (Vaillant, 1956) indiquent des températures supérieures (entre 12 et 16°C), même au delà de 2000 m d'altitude.

Ces deux sources constituent donc, au plan thermique, des biotopes originaux par rapport aux autres biotopes lotiques du Maroc. Ainsi, en été, certains cours d'eau peuvent atteindre 29°C en plaine et d'autres 25°C à 2000 m d'altitude sur les hauts plateaux du Moyen Atlas.

(b) Sources chaudes.—
Quatre stations correspondent à ce type, avec des températures comprises entre 18 et 21°C:

- entre 18,2°C et 18,4°C à MA 4 (mesures sur un cycle annuel)
- entre 18,5°C et 18,7°C à MA 5 (dito)
- entre 20,2°C et 21,8°C à MA 7 (dito)
- 19°C à R4 (mesures en septembre).

Ces valeurs sont élevées, en particulier si l'on considère l'altitude (1420 m) pour la source MA 7; elles laissent supposer que ces eaux n'ont pas une origine superficielle. D'ailleurs, la forte teneur en chlorures de cette source indique une origine profonde des eaux qui circulent probablement au contact des couches du lias et du trias.

(c) Sources de type intermédiaire.—
Ce groupe est plus hétérogène car il réunit des sources différentes par l'origine des eaux et par leurs débits. Il concerne les autres sources étudiées dont les températures moyennes s'échelonnent entre 11°C et 16°C.

MA 1: 11° C ≤ T ≤ 12,1° C (mesures sur un cycle annuel)
MA 2: 12,8° C ≤ T ≤ 14° C (dito)
R 1: T = 12,8° C (mesures de septembre 1979 et 1980)
MA 6: T = 15° C (mesures de juillet 1981)
R 2: T = 15,2° C (mesures de septembre 1979 et 1980)
R 5: T = 15,6° C (dito).

3.3. *Composantes hydrologiques*

Nous considérons le débit et le mode d'émergence. Pour l'ensemble des biotopes prospectés deux catégories apparaissent:

(a) Sources de faible débit.—
Le volume de l'écoulement ne dépasse pas 10 l/sec, avec un débit d'étiage de l'ordre de 1 l/sec.

C'est le cas de quatre sources: MA 1, MA 6, R 2, R 3. Elles sont alimentées par des nappes superficielles.

MA 1, située sur le plateau du causse moyen-atlasique, constitue une source limnocrène se transformant en un marécage à quelques dizaines de mètres de son émergence. Les trois autres sources, de drainage superficiel, sont des rhéocrènes; elles viennent au jour sur des éboulis de versants et forment dès leur émergence un ruisselet émissaire étroit à écoulement rapide.

(b) Sources à fort débit.—
Les écoulements dépassent 100 l/sec et sont peu affectés par la sécheresse estivale. Ces sources apparaissent comme de puissantes résurgences.

Voici, à titre indicatif, quelques valeurs de débits:

MA 2: 390 l/sec (moyenne annuelle)
MA 3: entre 600 et 1080 l/sec
MA 4: 800 l/sec (moyenne annuelle)
MA 7: 850 l/sec (moyenne annuelle).

Les sources MA 2 et MA 3 ont leur bassin d'alimentation dans les basaltes; les eaux proviennent de nappes superficielles et surgissent au contact des épanchements basaltiques et des terrains pliocènes.

Les eaux de MA 4 et MA 7 sont issues de nappes profondes situées dans les calcaires (nappe du lias pour MA 7) et séparées des nappes de surface par des terrains de nature argileuse.

Les grandes sources de la zone riffaine (R1 et R5) correspondent aux résurgences d'écoulements karstiques. Ainsi la source R 1 (Ras el Ma) est une des résurgences qui s'échelonnent au contact de la dorsale calcaire et de la zone des flysch externes.

3.4. *L'artificialisation du crénal*

L'approvisionnement en eau des populations rurales et urbaines est un problème difficile au Maroc en raison de l'irrégularité des régimes des cours d'eau; il est résolu de diverses manières, entre autres par le captage et l'aménagement des sources.

Ainsi, dans le Rif, les ressources en eau sont tellement limitées, compte tenu de la forte densité de population, que la plupart des sources, quel que soit leur débit, ont été aménagées avec généralement la construction de petits bassins de retenue.

Les aménagements les plus importants, que ce soit dans le Moyen Atlas ou dans le Rif, ont porté sur les grosses résurgences dont la plupart fournissent l'eau potable aux grandes agglomérations.

Les sources qui ont gardé le mieux leur état naturel d'origine se situent dans les régions élevées des massifs; c'est le cas des sources MA 1, MA 2, R 2, R 3. Néanmoins les sources ,,naturelles'' sont généralement fréquentées par les troupeaux; leur impact se traduit dans le peuplement aquatique par la prolifération des Hirudinées, en particulier des formes de grande taille telle que *Hirudo troctina.* Ceci s'observe bien dans la source MA 1, située sur un haut plateau en zone de paturages.

Certaines sources à débit important, bien que non aménagées, subissent un fort impact lié à une intense fréquentation par les hommes et les animaux (collecte d'eau de boisson, lavoirs, abreuvoirs); ceci a pour résultat une incessante perturbation du substrat par le piétinement, l'apport et le dépôt de matières organiques diverses. Les sources MA 1 et MA 4 subissent ce type d'impact.

L'artificialisation des sources consiste dans la construction de bassins et de canaux bétonnés entrainant la disparition ou la réduction des habitats d'eau courante. La source d'Aïn Mediouna (R 4) illustre bien cette situation. L'aménagement des sources de Tit Zill (MA 3) et de Bou Adel (R 5), avec la construction de barrages et de canaux, n'a pas bouleversé l'ensemble des deux biotopes où les habitats naturels occupent encore un espace important.

4. PEUPLEMENT ANIMAL — COMPOSITION DES COMMUNAUTÉS ET ÉCOLOGIE DES ESPÈCES

4.1. *Répertoire des espèces et taxonomie*

L'analyse des peuplements fait apparaître 60 espèces dans l'inventaire:

4 espèces d'Hirudinées
3 " de Planaires
6 " de Mollusques
2 " de Crustacés
9 " d'Ephémères
7 " de Plécoptères
4 " de Coléoptères Elmidés
20 " de Trichoptères
5 " de Diptères (Simuliides et Blépharicérides).

Le répertoire des espèces et leur répartition stationnelle figurent dans le tableau II.

Dans l'inventaire figurent quatre espèces nouvelles pour la science. Nous donnons la description originale de deux d'entre elles, les Trichoptères *Rhyacophila fonticola* et *Philopotamus ketama*. Ne disposant pas d'exemplaires assez nombreux, nous ne pouvons pas encore décrire la troisième espèce (*Obuchovia* n. sp., Diptère Simuliide). La quatrième espèce inédite appartient au genre *Protonemura*; selon Monsieur le Professeur Berthélemy, qui doit la décrire prochainement, elle s'apparenterait à *P. navacerrada* d'Espagne.

Rhyacophila fonticola n. sp. (fig. 2)

Matériel étudié.—
Holotype ♂: Maroc, Rif (petite source — R3 — près de la route P 39 de Bab-Bered à Ketama, à environ 14 km de Ketama), le 21.IX.1980. C'est le seul adulte capturé, malgré des investigations très poussées en septembre 1979 et 1980. Six larves et une nymphe présentant des genitalia submatures ont été récoltées dans le ruisselet de source.

L'holotype est déposé dans la collection du Musée de l'Institut Scientifique de Rabat.

Description.—
Le mâle. — Longueur du corps: 10,4 mm; longueur de l'aile antérieure: 12 mm, longueur de l'aile postérieure: 10,8 mm.

Couleur générale brun clair; tête et thorax bruns; antennes brun clair avec un anneau plus sombre au milieu de chaque article; abdomen brun gris dorsalement, clair ventralement; fémurs gris clair, tibias bruns avec une courte bande claire au milieu, tarses bruns. Ailes antérieures brun très clair, parsemées de taches claires transparentes sur toute leur surface; ailes postérieures plus claires et transparentes.

Génitalia. Ils présentent les caractères du groupe de *vulgaris*. IXe segment très réduit ventralement; lobe dorsal très long et étroit, plus haut que large, muni près de sa partie basale de deux petites ailes latérales en position ventrale par rapport au lobe lui-même. Appendices préanaux proéminents, en forme de deux lames horizontales larges fusionnées dans leur partie basale et bien séparées l'une de l'autre dans leur partie apicale, éloignées du lobe dorsal du IXe segment. Xe segment en U très concave et étroitement fusionné avec les appendices préanaux. Sclérites anaux de grande taille et renflés à leur extrémité distale. Bande apicale volumineuse.

L'édéage est très caractéristique et original. Il est formé d'un tube long et étroit contenant le canal spermatique; le lobe dorsal n'existe pas. Le lobe ventral est très développé et constitue la plus grande partie de l'édéage; il est étroit à la base et se termine en une large fourche; dorsalement il forme une gouttière très ouverte à l'extrémité apicale. Deux puissants paramères fortement sclérifiés, courbés vers le haut, flanquent l'édéage.

Appendices inférieurs: coxopodite très allongé et à bords parallèles; harpago court, formé de deux lobes: un lobe dorsal très réduit séparé par une petite échancrure étroite du lobe ventral épais et garni de nombreuses spinules sur sa face interne.

Discussion.—
Les affinités de l'espèce marocaine avec les autres représentants du groupe de *vulgaris* ne sont pas évidentes. La structure de son édéage est unique dans le groupe. La forme très allongée du lobe dorsal du Xe segment est aussi une particularité de l'espèce; cependant ce caractère se retrouve chez deux espèces de la péninsule ibérique: *R. melpomene* Malicky (Portugal) et *R. lusitanica* McLachl. (Espagne). La première,

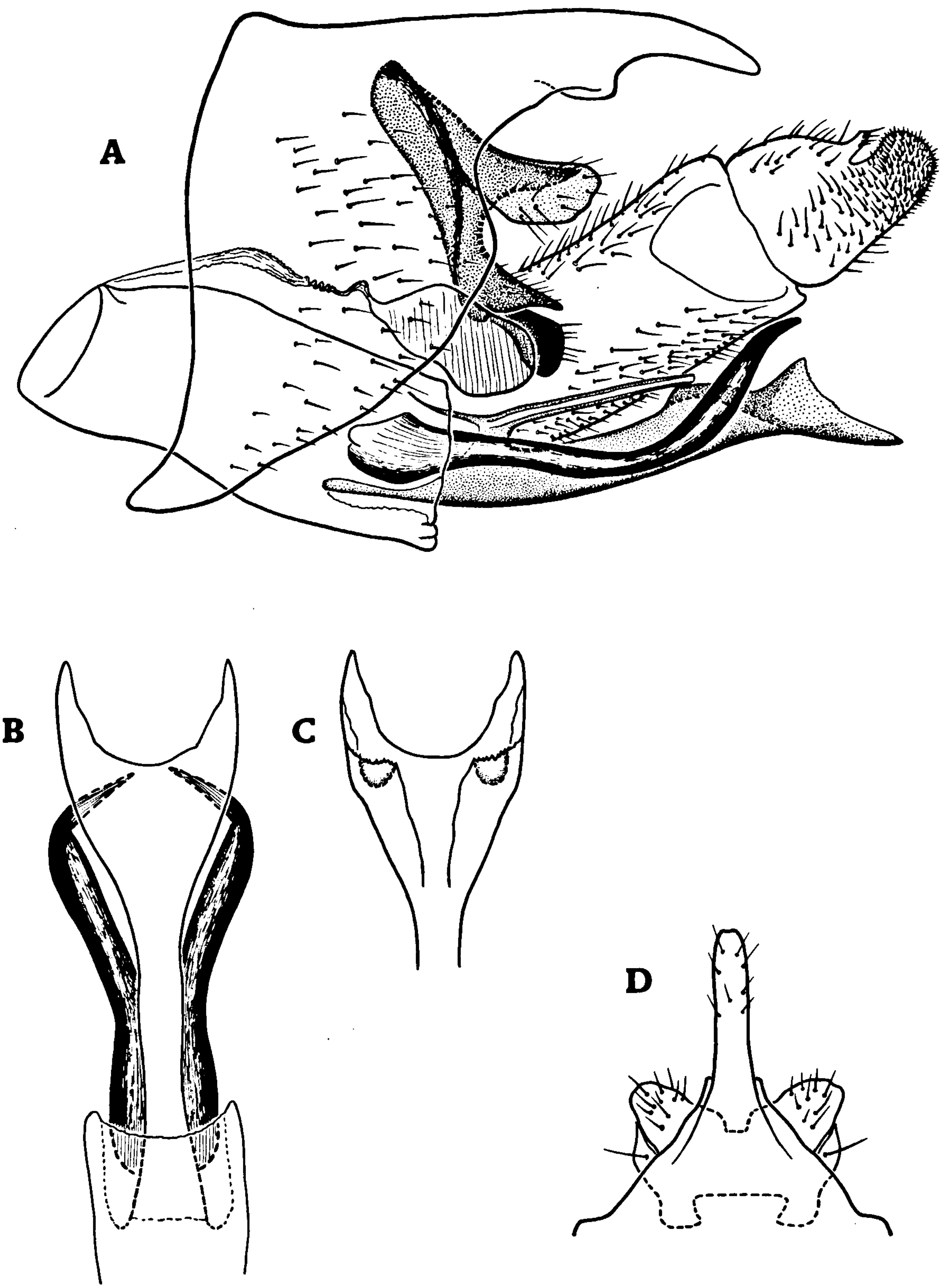


Fig. 2. Genitalia de *Rhyacophila fonticola* n. sp.: A, genitalia, vus de profil; B, édéage, vu de dessous; C, extrémité de l'édéage, vue de dessous; D, 10e segment, vu de dessus.

qui se rattache au complexe de *rougemonti*, a un édéage bien différent. Des affinités plus grandes semblent exister entre *R. fonticola* et *R. lusitanica* qui a elle aussi ,,des caractères fort curieux'' (Schmid, 1970), en particulier un lobe dorsal du segment X très allongé et plus haut que large (comme chez *fonticola*) et un grand développement du lobe ventral de l'édéage qui présente des ailettes apicales rappelant un peu ce qui existe chez l'espèce marocaine.

Philopotamus ketama n. sp. (figs. 3 et 4)

Matériel étudié, liste des stations.—
Holotype ♂: Maroc, Rif (petite source — R3 — près de la route P 39 de Bab-Bered à Ketama, à environ 14 km de Ketama), le 22.IX.1979.

Paratypes ♂: 6 exemplaires, le 22.IX.1979; 2 exemplaires, le 21.IX.1980, provenant tous de la même station (R3).

Allotype ♀: Maroc, Rif (émissaire de source — R2 — à environ 5 km à l'ouest de Bab Bered, près de la route P 39), le 21.IX.1980.

L'holotype, l'allotype et 2 paratypes sont déposés dans la collection du Musée de l'Institut Scientifique de Rabat, 4 paratypes dans celle de J. Giudicelli, 2 paratypes dans celle du Musée Zoologique d'Amsterdam.

Description.—
Le mâle. — Longueur du corps: 6,1 à 7,8 mm; longueur de l'aile antérieure: 7,3 à 9,1 mm.

Couleur générale des insectes brun clair; tête et pattes plus foncées. Ailes transparentes et légèrement enfumées, présentant quelques taches discrètes plus claires près du bord antérieur.

Génitalia. En vue dorsale: tergite X présentant une légère échancrure au milieu de son bord postérieur; chez certains exemplaires le tergite est plus étroit à l'apex et acquiert une forme sub-triangulaire (fig. 4 A et B).

En vue latérale: tergite X faiblement courbé vers le haut à son extrémité, processus chitineux latéraux incurvés vers le haut, cerques larges et ovoïdes. Coxopodite court et trapézoïdal, presque aussi haut à sa partie distale que sa longueur maximum, muni d'une dent sclérifiée sur la face interne. Branche dorsale de l'harpago sub-rectiligne, faisant un angle de 45 degrés avec la branche ventrale; bord d'articulation de la branche dorsale avec le coxopodite long comme au moins le tiers de l'article; épines de la branche dorsale longues et réparties tout le long de son bord ventral. Branche ventrale en forme de massue et plus longue que la branche dorsale. Phallus muni d'un renforcement ventral (= baguette ventrale du phallus selon Vail-

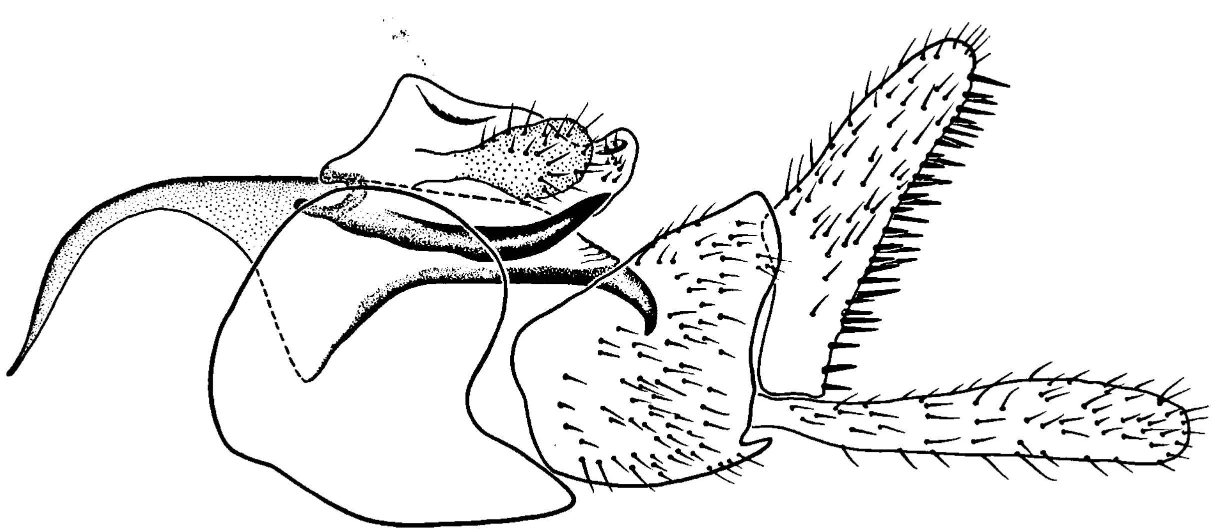


Fig. 3. Genitalia de *Philopotamus ketama* n. sp., vus de profil.

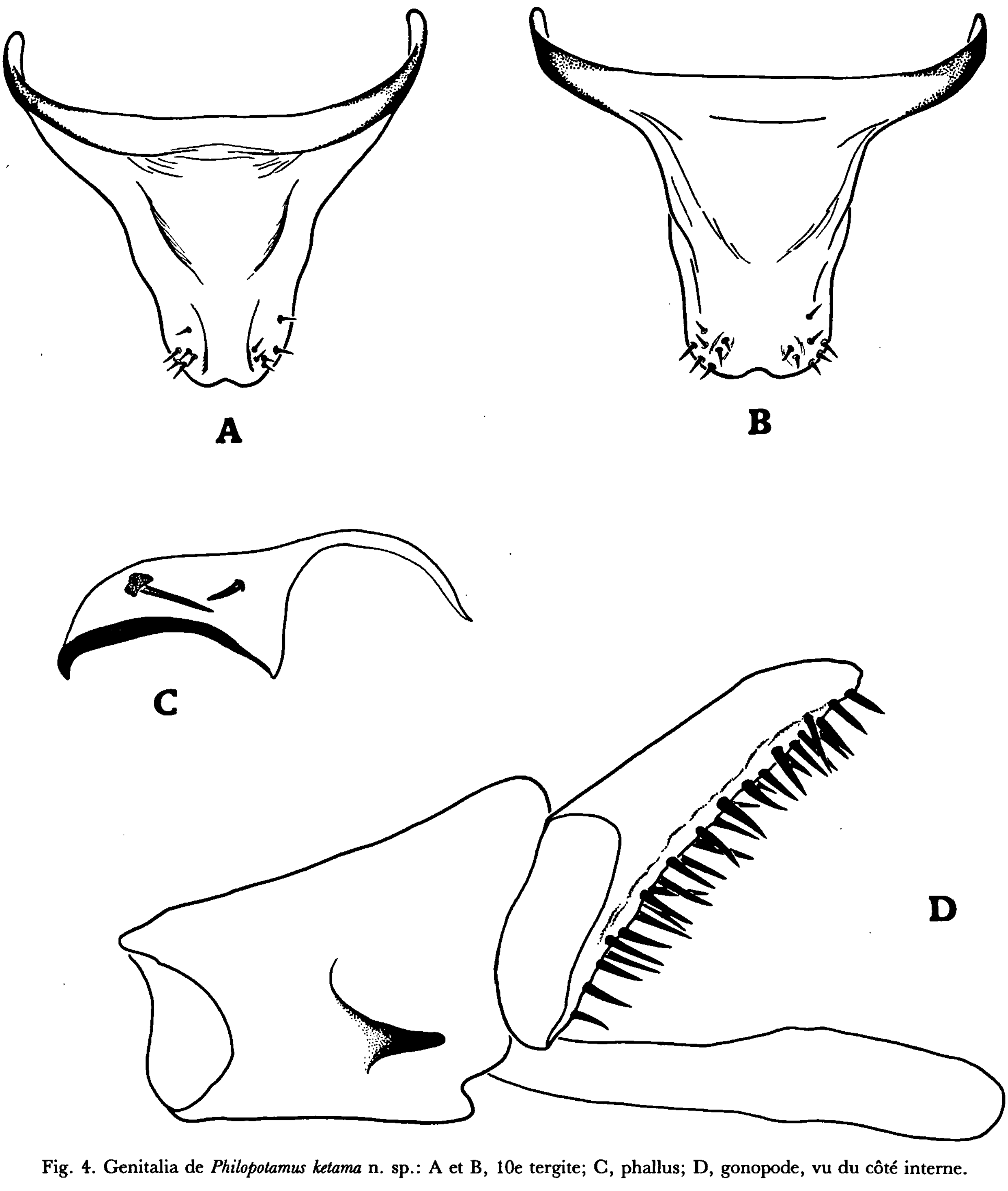


Fig. 4. Genitalia de *Philopotamus ketama* n. sp.: A et B, 10e tergite; C, phallus; D, gonopode, vu du côté interne.

lant) se terminant par une pointe robuste fortement courbée vers le bas; deux épines phalliques, une longue et une courte.

En vue ventrale: coxopodites munis chacun d'un prolongement interne terminé en pointe.

Discussion.—
Depuis les travaux de Ross (1956) on admet, en se basant sur les caractères du phallus, que les *Philopotamus* se répartissent en deux lignées:
— l'une (*amphiplectus*, *variegatus*, *flavidus*) carac-

térisée par un renforcement sclérifié ventral du phallus se terminant en une pointe en forme de crochet incurvé vers le bas,

— l'autre (*perversus*, *insularis*, *montanus*, *ludificatus*, *corsicanus*) caractérisée par une pointe apicale du phallus droite.

Botosaneanu (1960a) insiste sur ce même caractère pour distinguer *montanus* de *variegatus* et ajoute un autre caractère discriminatif: la présence d'une dent sclérifiée sur la face interne du coxopodite chez *montanus*. Gonzalez & Terra (1979), reprenant les idées de Ross et de Botosaneanu, proposent de considérer deux lignées évolutives dans le genre *Philopotamus*, celle de *variegatus* et celle de *montanus*. Ils retiennent un caractère supplémentaire: processus latéraux du Xe tergite incurvés vers le haut dans la lignée de *montanus*, processus droits dans la lignée de *variegatus*.

L'espèce marocaine se rattache indubitablement au groupe de *montanus*. Nous pensons reconnaître au sein de ce groupe deux ensembles qui se différencient par les caractères du gonopode:

— *montanus* et ses sous-espèces ont en commun un coxopodite environ deux fois plus long que large, une branche dorsale de l'harpago de forme arquée, effilée à son extrémité et portant des épines sur presque toute sa surface interne;

— *ludificatus* et *corsicanus* ont en commun un coxopodite aussi large que long, une branche dorsale de l'harpago à peu près droite, arrondie à l'apex et portant des épines serrées sur le bord ventral de la face interne.

Philopotamus ketama est proche du groupe *ludificatus-corsicanus*. Elle présente les plus grandes affinités avec *P. corsicanus* Mosely, endémique corse; elle s'en distingue par la forme générale de l'harpago (bord ventral de la branche dorsale sinueux avec épines plus nombreuses et branche ventrale plus courte que la branche dorsale chez *P. corsicanus*).

4.2. *Écologie et répartition des espèces*

Nous limitons l'analyse des données autécologiques aux groupes les mieux connus au plan de la taxonomie et aussi les plus constants dans le peuplement du crénal. Nous essayerons de mettre en évidence la place du crénal dans le spectre écologique des différentes espèces afin de dégager les éléments les plus caractéristiques de ce biotope au Maroc.

4.2.1. Planaires.— Nous avons récolté dans les sources les 3 espèces du groupe connues jusqu'à présent au Maroc.

La plus remarquable est *Acromyadenium maroccanum*; cette Planaire, qui représente un genre et une espèce endémiques, est certainement rare au Maroc. Elle n'était signalée que dans deux localités du Moyen Atlas (De Beauchamp, 1932): (1) un exemplaire à Bekrit dans un ruisseau de source, (2) douze exemplaires à Itzer (alt. 1.600 m).

Nous l'avons régulièrement récoltée à Arhbalou Aberchane (MA 2) où elle cohabite avec *Polycelis felina*.

Notons que les 3 stations actuellement connues d'*Acromyadenium* sont géographiquement très proches.

Polycelis felina, d'après l'ensemble de nos récoltes dans les eaux courantes du Moyen Atlas et du Rif, est strictement localisée dans les sources et leurs émissaires; ce caractère crénophile de l'espèce se vérifie dans le Haut Atlas.

Dugesia gonocephala, espèce euryoece, vit aussi dans les sources où elle cohabite souvent avec *P. felina*. Sa présence dans les sources froides (R 3) est remarquable si l'on se réfère à la distribution écologique de l'espèce en Europe; mais elle n'est pas surprenante au Maroc où cette Planaire a une très grande amplitude d'habitat puisqu'elle y a été récoltée jusqu'à des altitudes très élevées (jusqu'à 3.400 m dans le Haut Atlas, d'après De Beauchamp, 1949).

Elle est la seule Planaire présente à Aïn Skhounate (MA 7) où la température de l'eau, trop élevée, élimine *Polycelis*.

4.2.2. Mollusques.— Le peuplement malacologique de nos sources, dominé par les Gastéropodes, est peu diversifié

mais assez original dans sa composition par rapport à celui du rhithral et du potamal:

— absence de *Physa* et de *Lymnaea*,
— présence d'éléments crénophiles (*Pseudamnicola confusa*, *Valvata piscinalis*).

Dans les sources chaudes (MA 4, MA 5, MA 7) et certaines sources de type intermédiaire (R 1 et R 5), *Melanopsis praemorsa* et *Theodoxus* sp. sont très abondants.

Ancylus fluviatilis, qui occupe des habitats très variés dans les eaux courantes du Maroc, dans le crénal a été trouvé dans les sources froides (MA 2, R 3) et les sources intermédiaires.

4.2.3. Ephémères.—
Le genre *Baetis* est présent dans toutes les sources étudiées. L'espèce la plus constante est *Baetis rhodani*, forme très eurytope dans les eaux courantes. *Baetis alpinus*, forme plutôt sténotherme froide et nettement rhéophile, occupe aussi la plupart des sources, mais elle devient rare dans les sources chaudes.

Le genre *Ecdyonurus* est représenté dans le crénon du Moyen Atlas et du Rif par deux espèces écologiquement distinctes. Dans les sources froides et de type thermique intermédiaire vit *E. forcipula*, espèce caractéristique du rhithron. *E. rothschildi*, espèce potamophile (Dakki, 1979) remplace sa congénère dans les sources chaudes lorsque le courant est assez rapide comme à MA 4 et MA 7.

La présence du genre *Epeorus* dans les deux petits sources[1]) d'altitude (R 2 et R 3) est surprenante. En effet, cette Ephémère n'est pas un élément habituel du crénon.

Dans le Rif et le Moyen Atlas, *Epeorus* n'existe pas dans des biotopes lotiques autres que certaines sources; par contre, dans le Haut Atlas, il est très fréquent et abondant dans les ruisseaux et rivières de montagne (rhithral).

Le fait que ce taxon présente, au Maroc, une telle variation de son amplitude d'habitat d'une région à l'autre a certainement une signification biogéographique, comme nous le verrons plus loin.

Le genre *Rhithrogena*[2]) n'a été trouvé que dans la source la plus élevée en altitude (MA 6) où il est très abondant. Le genre vit dans le rhithral en Europe et dans le Haut Atlas; dans le Moyen Atlas (bassin du Sebou) il est cantonné dans le potamal ,,rapide''.

4.2.4. Plécoptères.—
L'élément le plus constant dans le crénon du Maroc est le genre *Protonemura*. *P. algirica* est l'espèce la plus fréquente; *P. talboti*, autre représentant du genre déjà signalé au Maroc (Aubert, 1956, 1961), apparaît très sténotherme puisque nous ne l'avons récolté que dans MA 2. L'espèce inédite de *Protonemura* n'a été trouvée que dans R 3. Dans le bassin du Sebou, les *Protonemura* sont des caractéristiques préférentes des sources.

La source MA 6 héberge *Siphonoperla lepineyi*; ce Plécoptère a été signalé par divers auteurs (Aubert, 1956, 1961; Miron, 1972) dans les torrents et les sources du Moyen Atlas et du Rif aux altitudes supérieures; l'un de nous (J. G.) l'a récolté dans une source du Haut Atlas de Marrakech.

Perla marginata en Europe est fréquente dans le crénon et le rhithron, c'est aussi une sténotherme d'eau froide; son écologie est identique dans le Haut Atlas. Dans le Moyen Atlas l'espèce, bien qu'occupant le même type d'habitat, est moins fréquente.

Eoperla ochracea, forme nettement potamobionte, habite aussi certaines sources chaudes (MA 5), confirmant ainsi son caractère plutôt thermophile.

4.2.5. Coléoptères Elmidés.—
Ils sont fréquents, en particulier dans les sources riches en calcium du Moyen Atlas et du Rif, représentés par deux espèces assez abondantes, *Elmis maugetii* et *Oulimnius fuscipes* qui sont des formes à la fois crénophiles et rhithrophiles. Les *Elmis* deviennent dominants dans les sources à gros débit. Nous avons trouvé *Elmis atlantis* à la source MA 2 où, seule espèce du groupe, elle constitue des populations abondantes. Cette

[1]) *Epeorus* a été trouvé aussi par l'un de nous (M. D.) dans un émissaire de source du Moyen Atlas dans la région d'Azrou (alt. 1500 m).

[2]) Il s'agit d'une espèce inédite en cours de description.

TABLEAU II

Répertoire des espèces et leur répartition stationnelle.

	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5	MA 6	MA 7	R1	R 2	R 3	R 4	R 5
PLANAIRES												
Polycelis felina (Dalyell)	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Dugesia gonocephala (Dugès)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Acromyadenium maroccanum (Beauchamp)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIRUDINÉES												
Glossiphonia complanata (Lin.)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dina lineata (Müller)	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+
Hirudo troctina Johan	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Helobdella stagnalis (Lin.)	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASTÉROPODES												
Theodoxus sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
Valvata piscinalis (Müller)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
Melanopsis praemorsa (Lin.)	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Melanopsis dufouri Ferussac	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Pseudamnicola confusa (Frauen.)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
Ancylus fluviatilis Müller	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
CRUSTACÉS												
Gammarus sp.	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
Potamon fluviatilis (Herbst)	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
ÉPHÉMÉROPTÈRES												
Procloeon sp.	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
Baetis alpinus Pictet	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
B. rhodani Pictet	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
Ecdyonurus forcipula Pictet	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Ecdyonurus rothschildi Navas	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Rhithrogena sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Epeorus sylvicola Eaton	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Caenis luctuosa Burm.	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-
Habrophlebia fusca Curtis	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
PLÉCOPTÈRES												
Protonemura sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Protonemura algirica Aubert	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+
Protonemura talboti (Navas)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leuctra maroccana Aubert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Siphonoperla lepineyi (Navas)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Perla marginata Panzer	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Eoperla ochracea Kolbe	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTÈRES												
Rhyacophila fonticola Giud. & Dakki	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
R. munda oreina Navas	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
Agapetus beredensis Dakki & Mal.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+
A. dolichopterus Giud. & Dakki	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
A. incertulus Mc Lachl.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Hydroptila campanulata Morton	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
H. vectis Curtis	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+
Philopotamus ketama Giud. & Dakki	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Ecnomus deceptor Mc Lachl.	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Polycentropus kingi Mc Lachl.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Plectrocnemia laetabilis Mc Lachl.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
Psychomyia pusilla Fabricius	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Paduniella vandeli Décamps	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
Tinodes algiricus Mc Lachl.	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
T. cf. assimilis Mc Lachl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Hydropsyche fezana Navas	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+
Micropterna nycterobia Mc Lachl.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mesophylax aspersus Rambur	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stenophylax espanioli Schmid	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Athripsodes cinereus Curt	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
COLÉOPTÈRES ELMIDÉS												
Elmis atlantis Alluaud	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elmis maugetii velutina Reiche	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Limnius intermedius Fairmaire	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Oulimnius fuscipes (Reiche)	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
DIPTÈRES SIMULIIDES												
Cnetha carthusiensis (Grenier & Dor.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Odagmia nitidifrons (Edwards)	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Simulium lamachei Doby & David	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Obuchovia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
DIPTÈRES BLÉPHARICÉRIDES												
Liponeura megalatlantica Vaill.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

espèce endémique est rare au Maroc puisqu'elle n'était signalée que dans 2 stations du Moyen Atlas, les ruisseaux de source de Aïn Leuh et de Ras el Ma (région d'Azrou).

4.2.6. Trichoptères.—
Ils constituent dans le peuplement des sources le groupe le plus diversifié: 20 espèces ont été récoltées régulièrement, soit dans l'ensemble des stations pour certaines, soit dans une ou quelques stations pour d'autres; 4 autres espèces sont sporadiques.[3])

Cependant, par rapport à la communauté des Trichoptères des eaux courantes du Moyen Atlas et du Rif (environ 60 espèces), le peuplement des sources est nettement appauvri du fait surtout de l'absence de la plupart des Hydroptilides et des Leptocérides.

Plus intéressante est la présence d'espèces dont la répartition est strictement limitée au crénal. Parmi ces crénobiontes, les plus remarquables sont *Rhyacophila fonticola* n. sp. et *Philopotamus ketama* n. sp. Ces deux espèces se cantonnent sur les trente premiers mètres constituant la source R 3, c'est-à-dire dans la zone où la température de l'eau reste la plus basse et la plus constante.

A notre connaissance, aucune espèce de *Philopotamus* n'avait encore été signalée comme crénobionte stricte. Les données de la littérature hydrobiologique montrent que les *Philopotamus* ont pour habitat normal le rhithral; ils sont parfois aussi représentés dans le secteur des sources (Botosaneanu, 1959; Illies, 1953; Decamps, 1967; Malicky, 1980; Verneaux, 1973), mais avec des effectifs réduits.

Wormaldia, autre Philopotamide, en Europe est nettement plus inféodé aux sources que *Philopotamus*; ainsi, en Corse, *Wormaldia* vit dans presque toutes les sources alors que *Philopotamus* n'habite que le rhithral. Lestage (1925), puis Vaillant (1974) ont signalé la présence de *Wormaldia* en Algérie; le genre n'a pas encore été trouvé au Maroc, malgré nos nombreuses recherches.

Dans la catégorie des crénobiontes se place aussi l'endémique marocaine *Agapetus beredensis* qui n'a été trouvée jusqu'à présent que dans quelques sources du Rif.

Plectrocnemia laetabilis et *Tinodes* cf. *assimilis* apparaissent, du moins dans le Moyen Atlas et le Rif, comme des crénophiles, car nous les avons récoltées uniquement dans deux sources; cependant, dans le Haut Atlas leur habitat s'étend aussi au secteur supérieur du rhithral selon les données de Botosaneanu (1975) et d'après nos observations.

Un groupe d'espèces se rencontre régulièrement à la fois dans le crénal et dans le rhithral; ce sont: *Agapetus dolichopterus*, *A. incertulus*, *Polycentropus kingi*, *Tinodes algiricus*, *Hydropsyche fezana*, *Micropterna nycterobia*, et *Stenophylax espanioli*.

Le cas de *Psychomyia pusilla*, *Paduniella vandeli* et *Ecnomus deceptor* est assez original car ce sont au Maroc des espèces potamophiles et thermophiles (Dakki, 1982); elles forment des populations abondantes dans les sources chaudes où les conditions thermiques leur permettent de coloniser ce crénal particulier. *Athripsodes cinereus*[4]) présente dans le Moyen Atlas une écologie originale; c'est un Leptocéride alticole (1500 à 2000 m) — cas probablement unique parmi les représentants paléarctiques de cette famille — et eurytherme qui vit dans des cours d'eau à fortes variations thermiques (températures extrêmes entre 0 et 25°C) et à écoulement lent du bassin supérieur du Guigou et aussi dans les sources limnocrènes de ce secteur (Dakki, 1980).

Enfin, certaines espèces vivant généralement dans les rivières de basse altitude, ont été trouvées à plusieurs reprises avec un faible effectif dans certaines sources: *Orthotrichia angustella*, *Oxyethira unidentata*, *Hydropsyche lobata*, et *H. pellucidula*.

[3]) Il s'agit de *Orthotrichia angustella*, *Oxyethira unidentata*, *Hydropsyche lobata*, *H. pellucidula*; elles n'ont pas été mentionnées dans le tableau d'inventaire en raison de leur grande rareté dans le crénal.

[4]) Les exemplaires du Moyen Atlas décrits par Dakki et Malicky (1980) sous le nom de *A. taounate* appartiennent en fait à *A. cinereus*.

4.2.7. Diptères.—
Nous ne prenons en compte que les Blépharicérides et les Simuliides, pour lesquels nous avons pu réaliser des déterminations spécifiques sûres.

Blépharicérides. Ces Diptères torrenticoles sont très fréquents dans l'ensemble du rhithral du Haut Atlas où ils sont représentés par une seule espèce, *Liponeura megalatlantica.*[5]) Par contre, ils n'ont jamais été récoltés dans les cours d'eau du Moyen Atlas.

Nous avons retrouvé cette espèce dans le complexe de sources de Bou Adel (R 5) où le fort débit et le courant rapide créent, dès l'émergence de l'eau, des habitats favorables aux larves et nymphes.

Sa présence très isolée dans le Rif et son absence probable dans le Moyen Atlas laissent penser que cette endémique est en position relictuelle au Maroc septentrional.

Simuliides. Quatre espèces ont été inventoriées dans nos sources.

La plus fréquente est *Odagmia nitidifrons.* Cette Simulie est largement répandue en Europe où elle vit plutôt dans les eaux courantes de basse altitude, remontant rarement au dessus de 1.000 m; on la trouve dans des cours d'eau variés du rhithral et du potamal mais elle ne semble pas avoir été signalée dans le crénal. Au Maroc son habitat est plus étendu puisqu'elle colonise aussi le crénal. Selon Bailly-Choumara & Beaucournu-Saguez (1978), ,,c'est l'espèce la plus constante et la plus abondante des Simulies du Massif Rifain ... elle est présente à toutes les altitudes et dans des gîtes variés''. Dans le bassin du Sebou, elle occupe le cours supérieur, entre 1430 et 1900 m d'altitude, et la plupart des sources, à l'exception des sources froides (Dakki, 1979).

Les espèces les plus intéressantes sont encore celles qui vivent dans les sources du Rif. Dans la station R 3 nous avons récolté *Simulium lamachei* et *Cnetha carthusiensis* qui n'avaient encore été trouvées ni au Marcoc ni en Afrique du Nord. *Simulium lamachei,* espèce très orginale par la morphologie de la nymphe, était connue seulement dans 3 stations isolées du sud de la France: Pyrénées Orientales (Doby & David, 1960), Mont Aigoual en Lozère (Beaucournu-Saguez, 1972), et Alpes françaises (Bernard, Grenier & Challier, 1975). *Cnetha carthusiensis* a pour habitat les torrents d'altitude des grands massifs européens.

5) Une autre espèce existe au Maroc (*Liponeura sirouana* Vaillant), cantonnée dans le massif du Siroua (Anti Atlas).

5. INTÉRÊT BIOGÉOGRAPHIQUE DES SOURCES

Notre analyse portera sur les groupes zoologiques mentionnés plus haut.

Dans son ensemble le peuplement des sources est nettement paléarctique; presque toutes les espèces, y compris les endémiques, appartiennent à des lignées sud-européennes. Seuls les Trichoptères *Paduniella vandeli* et *Ecnomus deceptor* se rattachent à des lignées africaines, mais ils ne sont pas caractéristiques du crénon.

L'élément endémique domine le peuplement. Sur 45 espèces (Ephémères, Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères Elmidés, Diptères Simuliides et Blépharicérides) parmi les 60 prises en compte dans notre étude, 19 ont une répartition limitée au Maroc ou à l'Afrique du Nord.

Parmi ces endémiques, 7 sont crénobiontes ou crénophiles (*Acromyadenium maroccanum*, *Protonemura* sp., *Elmis atlantis*, *Rhyacophila fonticola*, *Agapetus dolichopterus*, *Agapetus beredensis*, et *Philopotamus ketama*). Ce sont toutes des formes sténothermes et même psychrosténothermes pour certaines. Ainsi, l'élément le plus caractéristique et le plus original du crénon dans les montagnes du Maroc est inféodé aux eaux froides.

Le peuplement de la source la plus froide (R 3) est certainement le plus original. La présence dans ce biotope des deux remarquables endémiques (*Rhyacophila fonticola*, *Philopotamus ketama*) et de l'Éphémère *Epeorus sylvicola* apporte, comme nous allons l'exposer, d'intéressantes informations sur la paléobiogéographie des montagnes du Maroc septentrional et sur l'évolution, dans un passé récent, des conditions

écologiques dans les eaux courantes de la région.

Le genre *Rhyacophila* est représenté dans les eaux courantes du Maroc, depuis le potamal jusqu'au crénal, par une seule espèce *R. munda oreina* (Navas). Elle se répartit entre 20 et 3000 m d'altitude; vivant dans une gamme étendue de températures, elle supporte des températures estivales de 25°C.

Elle est présente dans les sources du Rif que nous avons étudiées, sauf à R 3 où elle est remplacée par *Rhyacophila fonticola* qui apparaît donc très sténotope et psychrosténotherme.

L'extrême rareté de l'endémique marocaine montre qu'elle est en position relictuelle. Il est probable que son aire de répartition au Maroc s'est considérablement réduite à la suite de changements des conditions thermiques et hydrologiques dans les cours d'eau de la région et qu'elle a trouvé un ultime refuge dans le crénal froid.

Philopotamus, genre d'Europe et d'Asie Mineure, n'était pas encore connu en Afrique du Nord. Au Maroc, sa présence exclusive dans le crénal et son absence complète dans les autres biotopes d'eau courante sont surprenantes d'autant que, en Europe, ,,les larves de ces Trichoptères se développent dans des cours d'eau importants, ruisselets rapides et torrents, à des altitudes très diverses'' (Vaillant, 1974). Nous pensons que l'espèce marocaine a subi une réduction et un changement d'habitat. Il est probable que la dégradation des conditions écologiques du rhithral dans le Rif ont amené ce Trichoptère à quitter son habitat normal et à remonter dans le crénal froid où il a trouvé un biotope refuge lui permettant d'échapper aux fluctuations (fortes élévations de la température et réductions de l'écoulement pendant l'été) que subissent les cours d'eau de cette région.

Le cas d'*Epeorus sylvicola* est très semblable à celui des deux endémiques précédentes et surtout à celui de *Philopotamus*. Cette Éphémère trouve dans le Haut Atlas, du fait de l'altitude bien plus élevée de ce massif (point culminant: 4165 m) et de l'organisation des réseaux hydrographiques (structure ramifiée et pente régulière), les conditions de son habitat normal; elle y est un élément constant du peuplement des ruisseaux et rivières de montagnes, comme en Europe. Dans le Moyen Atlas et le Rif, où les réseaux hydrographiques ont une structure plus atypique, les variations thermiques et surtout l'échauffement considérable des eaux en été ont provoqué la disparition d'*Epeorus* des cours d'eau et son maintien dans les sources, seuls biotopes de cette région à ne pas être soumis aux fortes variations thermiques annuelles.

Il nous apparaît donc que ces trois espèces sténothermes ou hémisténothermes ont eu, au Maroc, dans le passé, une répartition géographique et écologique plus étendue qu'à l'époque actuelle où elles sont cantonnées dans une aire relictuelle et dans un habitat étroit, par suite de changements écologiques probablement survenus au quaternaire et à une époque récente.

Nous aboutissons aux mêmes conclusions en ce qui concerne les Simuliides *Cnetha carthusiensis* et *Obuchovia* sp., et le Blépharicéride *Liponeura megalatlantica.*

Nous avons ici de remarquables illustrations du phénomène de vicariance écologique dont Botosaneanu (1960b) a donné plusieurs exemples.

Il faut savoir quels types de changements ont été à l'origine de cette situation et à quelle époque ils se sont produits. On ne peut guère évoquer que des changements climatiques et anthropiques.

Deux importantes publications, l'une sur la végétation forestière actuelle du Maroc (Barbero, Quezel & Rivas-Martinez, 1981), l'autre sur l'histoire de cette végétation au quaternaire récent (Reille, 1977) apportent des informations du plus haut intérêt.

Barbero et al. ont reconnu, dans le Rif sur le versant nord du djebel Tidighin (à quelques kilomètres de la source R 3), une association endémique à Bouleau (*Primulo acaulis — Betuletum celtibericae*). Il s'agit d'un groupement résiduel à distribution très limitée et restreinte (quelques dizaines de m²) qui apparaît au sein de la cédraie au niveau des sources permanentes. Ici, les Bouleaux sont associés à des plantes d'origine nordique, très rares en Afrique du

Nord ou exclusivement cantonnées dans ces stations du djebel Tidighin. Selon ces auteurs, ,,le *Primulo-Betuletum* constitue un groupement éminemment résiduel, certainement témoin de phases climatiques plus humides, lié à des conditions écologiques très particulières puisqu'il ne sort pas de la périphérie des sources permanentes dont la température reste très faible tout au long de l'année... Il représente des enclaves de végétation de type européen échappant totalement aux influences bioclimatiques méditerranéennes''.

Les recherches pollenanalytiques de Reille (1977) ont mis en évidence trois phases principales dans l'histoire récente (Holocène) de la végétation du Rif. Au Boréal (il y a 8000 ans) le grand développement de la cédraie traduit un climat méditerranéen humide et froid. Pendant l'Atlantique (il y a 6000 ans), à la suite d'un réchauffement climatique, la cédraie est remplacée par des chenaies à *Quercus* à feuilles caduques. Enfin, l'action humaine a amené une intense déforestation, en particulier à partir du 10ème siècle de notre ère avec l'extension de la culture de l'olivier dans le Rif.

Ainsi, les sources hébergent le plus fort contingent de taxa originaux et rares de la faune des eaux courantes du Maroc. De plus, dans le Moyen Atlas et le Rif, ce biotope garde des témoins d'une faune torrenticole qui probablement a largement colonisé les réseaux hydrographiques de ces régions à des époques plus froides, plus humides et à des époques où l'emprise humaine sur les bassins versants perturbait peu l'hydrologie des cours d'eau.

Actuellement, l'intense fréquentation par l'homme et le bétail, l'artificialisation croissante de ces milieux ponctuels et très vulnérables constituent de graves menaces pour la survie d'endémiques crénobiontes, d'espèces relictes très isolées, et pour le maintien d'écosystèmes d'intérêt biologique majeur.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT, J., 1956. Contribution à l'étude des Plécoptères d'Afrique du Nord. Mitt. Schweiz. ent. Ges., **29** (4): 419-436.

——, 1961. Contribution à l'étude des Plécoptères du Maroc. Mitt. Schweiz. ent. Ges., **33** (4): 213-222.

BAILLY-CHOUMARA, H. & F. BEAUCOURNU-SAGUEZ, 1978. Contribution à l'étude des Simulies du Maroc (Diptera, Simuliidae). 1. Le Rif. Bull. Inst. scient. Rabat, **3**: 121-144.

BARBERO, M., P. QUEZEL & S. RIVAS-MARTINEZ, 1981. Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. Phytocoenologia, **9** (3): 311-412.

BEAUCHAMP, P. DE, 1932. Sur une collection de Turbellariés d'eau douce (Triclades) du Maroc. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc, **12** (7-8): 221-222.

——, 1949. Nouvelles stations des Planaires rhéophiles dans l'Atlas. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc, **29**: 251-252.

BEAUCOURNU-SAGUEZ, F., 1972. Deuxième station de Simulium lamachei Doby et David 1960: présence en Lozère, Massif Central. Ann. Parasitol., **47**: 169-173.

BERNARD, M. R., P. GRENIER & A. CHALLIER, 1975. Simulium lamachei et S. petricolum, espèces nouvelles pour les Alpes françaises. Entomologiste, **31**: 19-20.

BOTOSANEANU, L., 1959. Cercetari asupra Trichopterelor din Masivul Retezat si muntii Banatului. Bibltca. Biol. anim., **1**: 1-165.

——, 1960a. Révision de quelques espèces de Philopotamus Leach et de Wormaldia McL. (Trichoptera Philopotamidae). Acta Soc. Ent. Cechoslov., **57** (3): 223-228.

——, 1960b. Sur quelques régularités observées dans le domaine de l'écologie des insectes aquatiques. Arch. Hydrobiol., **56** (4): 370-377.

——, 1975. Trichoptères recueillis au Maroc par M. I. Miron. Fol. ent. hung., (N.S.) **28**: 269-276.

DAKKI, M., 1979. Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen Atlas (Maroc). Thèse doct. 3ème cycle, Marseille: 1-126.

——, 1980. Contribution à la connaissance des Leptocérides (Trichoptera) du Maroc. Bull. Inst. scient. Rabat, **4**: 41-52.

——, 1982. Trichoptères du Maroc. Bull. Inst. scient. Rabat, **6**: 139-155.

DECAMPS, H., 1967. Ecologie des Trichoptères de la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées). Annls. Limnol., **3** (3): 399-577.

DOBY, J. M. & F. DAVID, 1960. Simulium (Simulium) lamachi nov. spec., Simulie nouvelle (Diptères Nématocères) en provenance des Pyrénées Orientales. Vie Milieu, **11**: 106-117.

GONZALEZ, M. A. & W. TERRA, 1979. Contribución al conocimiento de los Philopotamus ibericos (Trich. Philopotamidae). Bol. Asoc. Esp. Entom., **3**: 163-172.

ILLIES, J., 1953. Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. Ber. limnol. Flussstat. Freudenthal, **5**: 1-28.

LESTAGE, J. A., 1925. Ephémères, Plécoptères et

Trichoptères recueillis en Algérie et liste des espèces connues actuellement en Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord, **16**: 8-18.

MALICKY, H., 1980. Evidence for seasonal migrations of larvae of two species of philopotamid Caddisflies (Trichoptera) in a mountain stream in lower Austria. Aquatic Insects, 2 (3): 153-160.

MIRON, M. I., 1972. Note sur les Plécoptères du Maroc. Bull. Soc. Sci. nat. phys. Maroc, **52** (3-4): 215-218.

REILLE, M., 1977. Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc septentrional). Recherches Françaises sur le Quaternaire. INQUA 1977, Suppl. Bull. AFEQ, 1977, 1 (50): 53-76.

ROSS, H., 1956. Evolution and classification of the mountain caddisflies: 1-213 (Univ. Illinois Press, Urbana).

SCHMID, F., 1970. Le genre Rhyacophila et la famille des Rhyacophilidae (Trichoptera). Mem. ent. Soc. Canada, **66**: 1-230.

VAILLANT, F., 1956. Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Mém. Mus. natn. Hist. nat. Paris, (Zool.) **11**: 1-258.

——, 1974. Quelques Trichoptères Philopotamidae de France et d'Algérie. Ann. Soc. ent. Fr., (N.S.) **10** (4): 969-985.

VERNEAUX, J., 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie: 1-257 (Thèse doctorat d'état, Besançon).

Reçu le 11 juillet 1983